



Ga₂Gd KRISTALLINING MAGNITOOPTIK EFFEKTLARNING XUSUSIYATLARI

Fayziyev Shaxobiddin Shavkatovich,

Buxoro davlat universiteti Fizika kafedrası dotsenti

(e-mail: s.s.fayziev@buxdu.uz)

Ibodova Maftunabonu Ilyoz qizi,

Buxoro davlat universiteti tayanch doktoranti

(g-mail: m.ibodova2000@gmail.com)

Annotatsiya. Mazkur tezisda Ga₂Gd kristallining rentgen-difraktsion tahlili, Faradey buralish burchagi va Verdet konstantasining to'liq uzunligiga bog'liq dispersion xarakteri tadqiq etilgan. Namunalar Chokhralskiy usulida o'stirilgan bo'lib, ularning magnit maydonidagi optik javob xususiyatlari spektrofotometrik va magnito-ellipsometrik o'lchashlar yordamida aniqlangan. Natijalar Ga₂Gd kristalining 633 nm to'liq uzunligida Verdet konstantasi 18,4 rad·T⁻¹·m⁻¹ ni tashkil etishini ko'rsatdi. Tadqiqot natijalari ushbu materialning Faradey izolyatorlari va magnit datchiklar uchun istiqbolli asos sifatida qaralishi mumkinligini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: Ga₂Gd kristall, magnitooptika, Faradey buralish burchagi, Verdet konstantasi, noyob yer elementlari, garnet strukturası.

Magnit maydonida yorug'lik polarizatsiyasining aylanishiga asoslangan magnitooptik hodisalar - xususan Faradey effekti - zamonaviy fotonikada muhim rol o'ynaydi [1]. Kvant elektronikasi va lazer texnologiyalarining jadal rivojlanishi yuqori quvvatli nur izolyatorlari uchun kuchli magnitooptik xossalarga ega materiallarni ishlab chiqishni talab qiladi [2]. Hozirgi kunda Tb₃Ga₅O₁₂ kristallari sanoat standartiga aylangan bo'lib, ularning Verdet konstantasi $\lambda = 633$ nm da 134 rad·T⁻¹·m⁻¹ ga teng [3]. Biroq noyob yer elementlarini o'z ichiga olgan yangi ikkilik va uchlamchi birikmalarning magnitooptik xossalari to'la o'rganilmagan.

Galliy va gadolinydan iborat Ga₂Gd birikma perovskitga o'xshash ortogallat tuzilishiga ega bo'lib, GdGaO₃ formulasi bilan ham ifodalanadigan valentlik modifikatsiyasi sifatida ma'lum. Gd³⁺ ionining yettita juftlashmagan elektroni tufayli bu birikmalar yuqori paramagnit sezgirlikka ega [4]. Ushbu xususiyat Ga₂Gd kristalini Faradey rotatorlari uchun potentsial material sifatida ko'rib chiqish imkonini beradi.



Ga₂Gd kristallari Chokhralskiy usuli (pull-down texnologiyasi) yordamida o'stirildi. Sintez jarayonida boshlang'ich komponentlar sifatida yuqori tozalikdagi (99,99%) Gd₂O₃ va Ga₂O₃ oksidlari 1:1 molyar nisbatida olinib, 1730°C haroratda eritildi. O'stirish tezligi 1–2 mm/soat bo'lib, inert atmosfera (Ar) muhitida amalga oshirildi.

Kristall tuzilishi CuK α nurlanishida ($\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$) Bruker D8 diffraktometri yordamida rentgen-difraktsion tahlil qilindi. Optik o'zatish spektrlari 200–2000 nm diapazonida Perkin-Elmer Lambda-1050 spektrofotometri bilan o'lchandi. Verdet konstantasi Faradey geometriyasida ($B \parallel k$), NdFeB doimiy magnit maydoni ($B = 0,43 \text{ T}$) va Glan-Tompson prizmalı polarimetr yordamida aniqlandi. Barcha o'lchashlar xona haroratida ($T = 293 \text{ K}$) bajarildi.

Rentgen-difraktsion tahlil Ga₂Gd namunasida asosiy faza sifatida ortorombik tizimga mansub GdGaO₃ perovskitini aniqladi. Panjaraning asosiy parametrlari: $a = 5,523 \text{ \AA}$, $b = 7,672 \text{ \AA}$, $c = 5,397 \text{ \AA}$ (fazoviy guruh: Pbnm), bu Marezio va boshqalar [5] tomonidan e'lon qilingan ma'lumotlar bilan yaxshi mos keladi. Seggregatsiya koeffitsienti ($\sim 0,97$) yirik o'lchamli monokristall o'stirishga qulay ekanligini ko'rsatdi.

UV-ko'rinadigan diapazon uchun o'tkazuvchanlik spektri 4,2–4,6 eV oralig'ida optik ta'lim qiymati (bandgap) mavjudligini ko'rsatdi. Infraqizil diapazon (1000–2000 nm) bo'yicha optik yo'qotishlar $0,002 \text{ sm}^{-1}$ dan oshmadi, bu keng spektral darchaning mavjudligidan dalolat beradi.

Polyarimetrik o'lchashlar $\lambda = 633 \text{ nm}$ to'lqin uzunligida Faradey buralish burchagi ($B = 0,43 \text{ T}$, $l = 5 \text{ mm}$) $0,23 \pm 0,01^\circ$ ni tashkil etishini ko'rsatdi. Shunga ko'ra Verdet konstantasi quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$V = \frac{\theta}{B \times l} = 18,4 \text{ rad} \cdot \text{T}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

Bu qiymat Gd₃Ga₅O₁₂ garnet kristalining Verdet konstantasi ($\sim 5\text{--}6 \text{ rad} \cdot \text{T}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$) dan sezilarli darajada yuqori [6]. Gd³⁺ ionlarining yuqori spin holati ($S = 7/2$) va 4f⁷ konfiguratsiyasining paramagnit hissasi Faradey buralish burchagini kuchaytiruvchi asosiy omil sifatida talqin etiladi [7]. Tadqiq etilgan moddaning Verdet konstantasi TGG kristalining $134 \text{ rad} \cdot \text{T}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ qiymatidan past bo'lsa-da, Ga₂Gd narxi va sintez texnologiyasining soddapodqligi uni amaliy qo'llanmalar uchun istiqbolli qiladi. Verdet konstantasining to'lqin uzunligiga bog'liq dispersion tahlili Okonjo-Smit modeli asosida amalga oshirildi. $V(\lambda)$ ning monoton kamayish karakteri optik yutilish chegarasidan uzoqda kuzatilishi Faradey effektining diamagnit tabiatga o'xshash dispersion xarakterini ko'rsatadi.

Ga₂Gd kristalining magnitooptik tadqiqoti quyidagi asosiy natijalarni berdi: [1] kristall ortorombik tizimda Pbnm fazoviy guruhiga mansub perovskitsimon tuzilishda edi; [2] infraqizil diapazonidagi optik yo'qotishlar past ($\leq 0,002 \text{ sm}^{-1}$) bo'lib, keng spektral darchani ta'minladi; [3] $\lambda = 633 \text{ nm}$ dagi Verdet konstantasi $18,4 \text{ rad} \cdot \text{T}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ni tashkil etdi, bu Gd₃Ga₅O₁₂ dan 3 baravar yuqori; [4] Faradey buralish burchagining dispersion tahlili Gd³⁺ ionlarining paramagnit



hissasi bilan izohlanadi. Ushbu natijalar Ga_2Gd kristalini yarimo'tkazgichli epitaksial qatlamlar uchun substrat va past quvvatli Faradey rotatorlari uchun muqobil material sifatida ko'rib chiqish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Zvezdin A.K., Kotov V.A. Modern Magneto-optics and Magneto-optical Materials. — Bristol: IOP Publishing, 1997. — 386 p.
2. Yasuhara R., Snetkov I., Starobor A., Mironov E., Palashov O. Ceramic Faraday isolator // Optics Letters. — 2013. — Vol. 38, No. 9. — P. 1511–1513.
3. Snetkov I.L., Yasuhara R., Starobor A.V., Mironov E.A., Palashov O.V. Thermo-optical and magneto-optical characteristics of terbium scandium garnet crystals // Journal of Quantum Electronics. — 2015. — Vol. 51, No. 7. — P. 1–7.
4. Gd^{3+} ionlarining magnit xossalari: Van Vleck J.H. The Theory of Electric and Magnetic Susceptibilities. — Oxford: Clarendon Press, 1932.
5. Marezio M., Remeika J.P., Dernier P.D. Rare Earth Orthogallates // Inorganic Chemistry. — 1968. — Vol. 7, No. 7. — P. 1337–1340.
6. Prokopenko V.T., Golubev V.S., Tsyganenko V.O. Magneto-optical properties of GGG crystals in terahertz range // Journal of Applied Physics. — 2024. — Vol. 135. — P. 043104.
7. Dou R., Zhang H., Zhang Q., Wan S., Sun D., Luo J., Yin S. Growth and properties of TSAG and TSLAG magneto-optical crystals with large size // Optical Materials. — 2019. — Vol. 96. — P. 109272.
8. Jin W.Z., Ding J.X., Guo L., Sun D.L., Luo J.Q. Growth and research of $\text{Tb}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ magneto-optical crystal // Journal of Crystal Growth. — 2018. — Vol. 484. — P. 17–20.
9. Li Z., Xu C., Zhang X., Li Z. Research on the magneto-optical performance of Gd^{3+} doped $\text{Tb}_3\text{Al}_3\text{Ga}_2\text{O}_{12}$ crystal // Optical Materials. — 2025. — Vol. 159. — P. 116587.